

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

JAPANESE

BACK

NEXT

5 / 6

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-103345
 (43)Date of publication of application : 15.04.1994

(51)Int.Cl. G06F 15/60

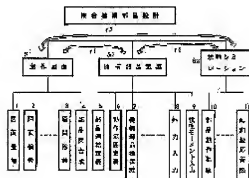
(21)Application number : 04-247629 (71)Applicant : HITACHI LTD
 (22)Date of filing : 17.09.1992 (72)Inventor : OZAWA HIROSHI
 SHIOHATA HIRONORI
 YAMAGUCHI TAKASATO
 KITANO HONAMI

(54) COMPOSITE MECHANISM DESIGN SYSTEM FOR MECHANISM PARTS OF DIFFERENT TYPES

(57)Abstract:

PURPOSE: To draw a production drawing of a composite mechanism system and at the same time to examine the reliability and the performance of the mechanism parts by inputting the parts shapes of a CAD diagram and the connecting states of parts for design of the composite mechanism system.

CONSTITUTION: A composite mechanism parts design system consists of a production drawing input part S1, a mechanism parts defining part S2, and a conduct simulation part S3 and then carries out a general mechanism analysis with an optional combination of operation procedures r1-r3. In such a constitution, the conducts of the mechanism are simulated with use of the commands 1-4 which refer to a drawn CAD diagram and the commands 5-9 which convert the CAD diagram into an analysis model. Furthermore, the processing commands 10-11 are also used for the simulation. Then, these simulation results are stored in a production drawing input part and can be used as a data base.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.1999
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]

[Patent number]	3221086
[Date of registration]	17.08.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	17.08.2004

Requested Patent: JP6103345A

Title:

COMPOSITE MECHANISM DESIGN SYSTEM FOR MECHANISM PARTS OF
DIFFERENT TYPES ;

Abstracted Patent: JP6103345 ;

Publication Date: 1994-04-15 ;

Inventor(s):

OZAWA HIROSHI; SHIOHATA HIRONORI; YAMAGUCHI TAKASATO; KITANO
HONAMI ;

Applicant(s): HITACHI LTD ;

Application Number: JP19920247629 19920917 ;

Priority Number(s): JP19920247629 19920917 ;

IPC Classification: G06F15/60 ;

Equivalents: JP3221086B2, US6224249 ;

ABSTRACT:

PURPOSE:To draw a production drawing of a composite mechanism system and at the same time to examine the reliability and the performance of the mechanism parts by inputting the parts shapes of a CAD diagram and the connecting states of parts for design of the composite mechanism system.

CONSTITUTION:A composite mechanism parts design system consists of a production drawing input part S1, a mechanism parts defining part S2, and a conduct simulation part S3 and then carries out a general mechanism analysis with an optional combination of operation procedures r1-r3. In such a constitution, the conducts of the mechanism are simulated with use of the commands 1-4 which refer to a drawn CAD diagram and the commands 5-9 which convert the CAD diagram into an analysis model. Furthermore, the processing commands 10-11 are also used for the simulation. Then, these simulation results are stored in a production drawing input part and can be used as a data base.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-103345

(43) 公開日 平成 6 年(1994) 4 月15日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/60

識別記号

4 0 0 K

庁内整理番号

7922-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平4-247629
(22) 出願日 平成 4 年(1992) 9 月17日

(71) 出願人 00005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地
(72) 発明者 小沢 寛
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(72) 発明者 塩橋 宏規
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(72) 発明者 山口 貴史
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

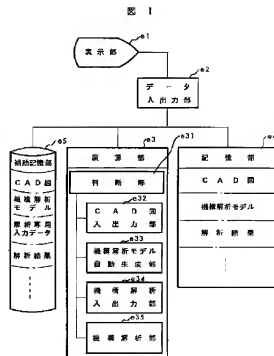
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異種機構部品複合機構設計システム

(57) 【要約】

【目的】 複合機構系の設計において、CAD図の部品形状と部品同士の接続状態を入力することにより、機構系の製作図面の作成と機構部品の信頼性や性能の検討を同時に可能にする。

【構成】 複合機構部品設計システムは、製作図面入力部 s 1、機構部品定義部 s 2 及び挙動シミュレーション部 s 3 からなり、オペレーションの手順 r 1 ~ r 3 を任意に組合せて一般の機構解析を行う。このとき、既作成の CAD 図を参照するコマンド 1 ~ 4 及び CAD 図より解析モデルに変換するコマンド 5 ~ 9 を用いて機構の挙動シミュレートする。このシミュレートの際には処理コマンド 10 ~ 11 が用いられる。また、シミュレーション結果を製作図面入力部に保存して、データベースとして使用できるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 CAD図作成装置と該CAD図作成装置により異種機構部品の複合機構系の機構解析および解析入出力を行う異種機構部品複合機構設計手段とを備えた異種機構部品複合機構設計システムにおいて、

前記異種機構部品複合機構設計手段はCAD図で表示された機構部品形状から等価なリンク機構解析モデルを自動生成する自動生成部と、機構解析モデルを解析専用データに変換し解析結果を2次元表示用データに変換する機構解析入出力部と、機構解析を実行する解析部と、CAD図上でグラフ表示または図形移動用データを生成するCAD図入出力部とを備えたことを特徴とする異種機構部品複合機構設計システム。

【請求項2】 前記自動生成部は、機構部品の形状、寸法、製作精度または組立て精度を機構系の拘束条件としてリンク機構モデルを生成することを特徴とする請求項1記載の異種機構部品複合機構設計システム。

【請求項3】 前記自動生成部は、リンクの形状及び姿勢に基づき解析精度と解析時間について最適なループで構成したリンク機構モデルを生成することを特徴とする請求項1に記載の異種機構部品複合機構設計システム。

【請求項4】 CAD図作成装置と該CAD図作成装置により異種機構部品の複合機構系の機構解析および解析入出力を行う異種機構部品複合機構設計手段とを備えた異種機構部品複合機構設計システムにおいて、前記異種機構部品複合機構設計手段は異種機構部品と等価なリンク機構モデルを対応づけるデータと、CAD図のデータと機構解析モデルのデータとを対応づけるデータと、CAD図と機構解析モデル図と対応づけデータとを管理するデータとを備えたことを特徴とする異種機構部品複合機構設計システム。

【請求項5】 前記異種機構部品と等価なリンク機構モデルを対応づけるデータは機構部品を構成する線素データを管理するデータと、この線素データを等価なリンク機構モデルに対応づけるデータと、形状寸法を示すデータとを含むことを特徴とする請求項4に記載の異種機構部品複合機構設計システム。

【請求項6】 前記異種機構部品と等価なリンク機構モデルを対応づけるデータはCAD図上で各種部品の種類を識別するデータを含むことを特徴とする請求項4に記載の異種機構部品複合機構設計システム。

【請求項7】 CAD図作成装置と該CAD図作成装置により異種機構部品の複合機構系の機構解析および解析入出力を行う異種機構部品複合機構設計手段とを備えた異種機構部品複合機構設計システムにおいて、

前記異種機構部品複合機構設計手段は2次元で表示された正面図、平面図、側面図及び断面図の少なくとも1つのCAD図に記述された機構部品の連結点及び拘束条件を用いて3次元の機構解析モデルを自動生成する自動生成部を備えたことを特徴とする異種機構部品複合機構

設計システム。

【請求項8】 CAD図作成装置により異種機構部品の複合機構系の機構解析および解析入出力を行う異種機構部品複合機構設計方法において、

機構部品が異種部品の組合せのときは該部品の組合せを識別するデータを解析モデルデータ管理テーブルから読みだし、該識別データに基づき解析モデルデータベースの対応データテーブルを検索し、機構部品をリンクおよびジョイントからなる解析モデルに自動生成することを特徴とする異種機構部品複合機構設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、対話形によるCAD図作成システムと直結して、異種機構部品の複合体である物体の機構解析、解析モデル作成、解析条件入力、及び解析結果表示を行う異種機構部品複合機構設計システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の解析入出力システムにおいてはCAD図（製作図面および計画図面）入出力システムと解析システムとは直結していなかった。それは、製図システムと個別の解析システムとを結合すると、システムが大きくなり過ぎ、汎用性が失われるためである。そこで、一般には、ファイルを経由して、解析入出力システムにCAD図データを入力し、このデータを用いて解析モデルを作成する。このよう従来技術の一例としては、コンピュータ・エイデッド エンジニアリング ジャーナル 1990年 11月号（第141〜148頁）（Computer-Aided Engineering Journal October 1990 pp141-148）に記載がある。すなわち、正面図、側面図、平面図からなる三面図より3次元形状を作成し、この形状をもとにロボットの3次元解析モデルを作成する方法である。

【0003】 一方、カムと従動節との接触点の軌跡を表すカム輪郭線の方程式と従動節の拘束条件とから、カム機構の挙動を解析する方法が知られている。その一例として、日本機械学会第68期全国大会講演会講演論文集 1990年 9月号 Vol.E（第42〜44頁）に記載がある。

【0004】 また、特開平3-129479号公報にはリンク機構の動力学的挙動を解析する方法及び装置が示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術の最初のものにおいては、3次元解析モデルを作成するために部品間の立体的な拘束条件を入力する必要があり複雑な処理を必要とする。そして、3次元の解析モデルをもとに機構解析を行ない、その解析モデルと対応させて立体形状のロボットの動きを算出していた。さらに、三面図での動作軌跡表示のために、機構解析を行った後で2次元の図形に戻っていた。しかし、三面図で軌跡を作成するだけならば、3次元の立体形状を作成する必要はなく、

3

解析入出力処理をおこなう設計者にとって理解しにくいプロセスになっていた。特に平面内を運動する機構に対し、解析入出力処理の効率の面で配慮がなされておらず、解析処理を行ないながら、製作図面あるいは計画図を作成、変更したい設計者にとってマンマシン・インタフェースに欠けるという不具合があった。また、各種機構系部品の解析を行う場合、部品の種類に応じて計算式を変更しなければならぬ汎用性に欠けるころがあった。

【0006】また、一般にカムは1〜2本の輪郭線からなっている。しかし、上記従来技術の2番目のものにおいては、複雑な形状をしたカムの場合、輪郭線に沿ったフォアのローラ中心の軌跡を示す方程式を複雑なカム輪郭線を構成するすべての線条の数だけ作成する必要がある。また、カム形状が変わるごとに輪郭曲線の方程式を計算するプログラムが必要になり汎用性に欠けるころがあった。特に自動的に解析モデルを生成する場合、種々の形状に対し共通なモデル化手法以外の方法では生成アルゴリズム導出が複雑となる。

【0007】さらに、上記従来例の3番目のものにおいては、リンク機構を設計する場合、複雑な計算を繰り返す必要があり、また、製作図面に直結した解析方法とはなっていなかった。また、予め定められたカタログから形状を選択する必要がある、一般的な形状には必ずしも対応できないという不具合があった。

【0008】本発明の目的は、CAD図作成システムで生成された部品形状データを用いて機構部品の各種解析を行い、部品形状データからの解析モデルデータの生成の容易化、および機構解析の汎用化によりCAD図面と解析図面とを直結したマンマシン・インタフェース性に富む複合機構設計システムを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、CAD図作成装置と該CAD図作成装置により異種機構部品の複合機構系の機構解析および解析入出力を行う異種機構部品複合機構設計手段とを備えた異種機構部品複合機構設計システムにおいて、前記異種機構部品複合機構設計手段はCAD図で表示された機構部品形状から等価なリンク機構解析モデルを自動生成する自動生成部と、機構解析モデルを解析専用データに変換し解析結果を2次元表示用データに変換する機構解析入出力部と、機構解析を実行する解析部と、CAD図上でグラフ表示または図形移動用データを生成するCAD図入出力部とを備えたものである。

【0010】また、機構設計システム端末装置の画面上に表示された製作図面であるCAD図で表された機構部品の形状データに基づき機構解析モデルを自動生成する演算部と、モデル形状をCAD図に変換するCAD図データと解析モデル関連データとの補助記憶部と、解析結果をCAD図のデータに変換する解析データと解析モデ

4

ル関連データとを格納する記憶部とを設けたものである。

【0011】

【作用】端末装置の画面上に表示された形状図(CAD図)上で、任意の機構部品の解析モデルが定義されると、CAD図の線条を表すデータをもとに解析モデル形状データをジョイント、ループ、リンクの組合せとして算出する。これにより、機構の動的解析を行う形状が得られる。この算出した解析モデル形状データを解析入出力部に入力し、解析専用データに変換して、機構モデルの静的及び動的解析を行う。その結果により機構モデルを修正する。この作業を繰返し、最適な機構解析モデルを得る。解析モデルをCAD図に逆変換し、CAD図入出力部に入力する。そして、解析結果を2次元のデータに変換し、入力された機構部品のCAD図で表示できるデータになる。これにより、任意の機構系部品のCAD図の作成と作成されたCAD図に基づく機構系部品の解析を並行して行えるようになり、解析結果を直ちにCAD図に反映させ、設計効率が向上する。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図1から図16により説明する。図1に本発明の一実施例の複合機構設計装置の基本構成を示す。演算部e3には、CAD図を作成するCAD図入出力部e32、このCAD図を用いて機構解析モデルを生成する機構解析モデル自動生成部e33、解析専用入力データの生成、または解析結果からのCAD図用2次元データの生成を行う機構解析入出力部e34、及び解析を実行する機構解析部e35があり、判断部e31の指令に基づいてこれら各部が動作する。記憶部e4には、CAD図、機構解析モデル及び解析結果などのデータ記憶エリアが設けられている。そして、各々の演算に必要なデータのみを記憶部に格納し、残りのデータは補助記憶装置部e5へ送られる。表示部e1を参照しながら対話型でデータ入出力部e2を介して演算部へデータをを入力し、解析結果もデータ入出力部e2を介して、表示部e1に出力する。以上の基本構成により図2に示すコマンドの実行が可能となる。

【0013】図2に本発明の一実施例のコマンド体系を示す。本設計システムは、コンピュータ援用設計(CAD)図入出力システムと接続されており、解析入出力データはCADシステムを用いて作成できる。したがって、機構部品の図面作成と解析実行評価を並行して進めることができる。ところで、複雑な形状または多数の異なる形状が組み合わされて構成される一般の機構を設計し、製作するための本システムには以下の3つのサブシステムがある。すなわち、サブシステムS1は製作図面に関するもので、このサブシステムにより現実の部品の製作が可能になる。図面登録コマンド1により作成した図面データを格納し、図面検索コマンド2では既に格納されているデータをメモリ上呼び出す、画面移動コマ

5

ンド3では表示用データ格納場所(層)を変更し表示する図形を変更する。または部品図合成コマンド4で複数の部品図形を一つの部品として定義する。等の各種コマンド処理がサブシステムS1で実行される。次に、機構部品定義サブシステムS2は、部品連結定義5、動作範囲定義6、機構部品種定義7、外力定義8及び慣性モーメント定義9、等のコマンド処理があり、機構を構成する各機構部品間の関係、及び荷重条件や機構部品の運動範囲等の制限条件を定める。さらに、第3のサブシステムとして、機構部品定義サブシステムS2で定義された各部品の挙動を解析する挙動シミュレーションサブシステムS3がある。サブシステムS3では機構解析結果を部品図形を用いてその動作軌跡を表すコマンド10、各ジョイントの位置、速度及び加速度の時間的変化を示す時刻歴表示コマンド11、等の処理コマンドが実行される。これらのサブシステムは相互に連結されておりオペレーションの順序に制限は無い($r_1 \sim r_3$)、たとえば、サブシステムS1で検索された図面を用いてサブシステムS2で部品連結定義を行い、それにより生成された解析モデル図をサブシステムS1で図面登録するというサブシステムS1・S2間の往復の処理 r_1 が可能である。同様にサブシステムS2・S3間の往復の処理 r_2 、及びサブシステムS3・S1間の往復の処理 r_3 も自在に行うことができる。以上より、これらサブシステムはCAD図入出力システムと連動して複合機構の一連の設計システムとして作用する。次に、このように構成した本実施例の機構部品定義サブシステムS2について、はじめに、4節リンク機構を例として基本的操作を説明する。なお、図3以降においては、ジョイント部をJ1、J2、J3...で、第1の部材を、リンクであろうが、ローラであろうがa1で、以下同様に、第2の部材をa2、第3の部材をa3、等で表す。図3は4節リンク機構のCAD図から解析モデルを作成する手順の概要を示したものである。同図(A)に示したCAD図において、リンク部材a1、a2は静止部と回転可能な状態で結合している。また、リンク部材a2はリンク部材a1、a3と回転自由に結合している。この図面から同図(C)に示す解析モデルを得るためには4回のコマンド入力が必要であり、その後、本システムにより自動生成される。リンク部材同士またはリンク部材と静止部の結合点であるジョイントは、図2の部品連結定義コマンド5を用いて結合されるリンクデータを入力することにより定義される。例えば、図3の(B)に示したジョイントJ1は、結合点を示すCAD図上の一点を指示し、静止部を示すデータ(b;ブランク)をキーボードから入力し、CAD図上のリンク部材a1を示す図形の一部を指示することにより、システムでは解析モデルのリンクL2を構成する両端のジョイントデータの一つとしてジョイントJ1を定義し、計算機へ読み込む。それとともに、このジョイントの位置を示す座標値、ジョイント

10

の種類(回転)識別データ及び固定点フラグが入力される。また、ジョイントJ2に対応する点、及びリンク部材a1、a2をCAD図から入力することで、解析モデルのリンクL2、L3を結合するジョイントJ2が定義される。同様の操作を繰り返し、ジョイントJ3とJ4を定義し、その結果入力されたデータをもとに、図3の(C)に示した4節リンク機構の解析モデルのデータを自動生成する。

10

【0014】この解析モデルのデータ生成過程について、図3、図4を用いて説明する。CAD図作成装置を介して入力された部品形状がリンク部材の場合はルートRT2で示した処理を行う。まず、一回の部品連結定義コマンドにより入力された、ジョイント番号とそれに接続する2個のリンクの番号を読み込む。つぎに、接続している各リンク番号に対して、そのリンクの片方の端点として、リンク・ジョイント関連テーブルに、読み込まれたジョイント番号を入力する。図3の例では、4個の結合点に部品連結定義コマンドを実行することにより、図3の(A)で示したCAD図のリンク部材a1、a2及びa3に対応する同図(C)の解析モデルのリンクL2、L3及びL4の、各リンクの両端点のジョイント番号が、各リンクに対応したリンク・ジョイント関連テーブルに入力される。最後に固定ジョイントJ1とJ4からなるリンクL1に対応して、ジョイント番号及びリンク番号をリンク・ジョイント関連テーブルに追加する。以上により、ループp1に対応するリンク・ジョイント関連テーブルが満たされる。これと並行して、各ジョイントの2次元座標値テーブル及びループ・リンク関連テーブルがすべて満たされる。つぎに、CAD図の部品図形に対して入力された機構系の動作条件や拘束条件を、上記で定義されたジョイント及びリンクに対応したデータに変換して、属性データテーブルに、その属性が与えられるジョイントまたは、リンクに関連づけるデータ(ジョイント番号または、リンク番号等)と属性データ(動作条件や拘束条件)を代入する。以上のプロセスにより機構解析モデルデータが自動生成される。

30

【0015】また、図3(A)に示したリンク部材のみで構成される4節リンク機構に対し、図5(A)に示すところがり接触を伴うリンク機構も、図3(B)とほぼ同様の操作で解析モデルが自動生成される。図5(B)においてJ1、J2およびJ3は回転ジョイントから、図3(B)と同様の操作で定義される。ころがり接触部の場合は、図2の機構部品種定義コマンド7を用いて、ローラとリンクの組合せを選択する。つぎに、部材a2及びa3の間の接線g1をジョイントの替わりに指示し、部材a2及びa3を示すCAD図の一部を指示することでころがり接触部が定義される。以上の操作で解析モデルが自動生成される過程について、図4の処理と異なる接触部の解析モデルの生成処理について、図4と図5により説明する。ローラとリンクの組合せは異種部品の

50

7

ため図4でルートRT1で示した処理を行う。まず、ローラとリンクの組合せを識別するデータを読み込み、解析モデルデータベースから対応するデータテーブルを検索する。ローラとリンクの組合せでは、まず、ローラ及びリンク各々に対してリンク番号がリンクデータテーブルに代入される。また、接触部をモデル化したときのジョイント(図5のジョイントJ3)については、入力された接線g1のデータのみからはジョイントの位置はまだ定まらない。そこで、ジョイント座標値テーブルには、接線g1の傾きを一時的に代入する。それと同時に、ジョイント座標値テーブルのデータが不完全であることを識別するデータテーブルにこのジョイント番号を代入する。つぎに、接線g1を含むリンクのもう一方のジョイント(図5におけるジョイントJ4)及びローラの回転中心に対するジョイント(図5におけるジョイントJ2)が入力された時点で、ジョイントJ4を通る上記接線への平行線と、これに垂直なジョイントJ2を通る直線との交点が、二つの部品を接続するすべりジョイントとして定義され(図5におけるジョイントJ3)、その点の座標値及びジョイント種類(すべり)の識別データが各々対応するテーブルに入力される。それと同時に、ジョイント座標値テーブルのデータが不完全であることを識別するデータテーブルから当該ジョイント番号を削除する。以上により、接触部に関連する解析モデルデータが自動生成される。

【0016】次に、すべりジョイントに関して、上記以外の他のモデル化について図6を用いて説明する。例えば、ピストン・シリンダ間の相対運動は、図6の(A)の回転及びすべりを伴う運動とみなすことができる。そこで、すべり運動に関しては、図2の部品連結定義コマンド5において、摺動部を示す直線g1を指示し、ピストン(部材a3)を指示しシリンダに対応するブラック(固定部のため)を入力することによりすべり方向を示す傾きが入力される。つぎに、ピストンピンを示す点を指示し、連結する部材a3(コンロッド)、部材a2(ピストン)を指示すると、回転ジョイントJ3が定義される。このとき、同時にすべりジョイントJ4の位置がジョイントJ3と同一の位置に定義される。したがって、ジョイントJ4とジョイントJ3を有するリンクL4は長さがのリンクとなる。さらに、長さが0であるとする方向が算出できないので、すべり方向の一点K4の座標値をすべり方向を示す傾きとジョイントJ4(ジョイントJ3)の座標値から算出する。図6の(B)はリンク部材自体(部材a3)がすべる場合である。同図の(A)と同様に図2の部品連結定義コマンド5を用いて、すべりジョイントの定義を行う。まず、摺動部を示す直線g1を指示し、部材a2及び部材a3を指示するとすべり方向を示す傾きが入力される。つぎに、部材a2と部材a3の各々の他のジョイントが定義された時点で2個のジョイントJ2及びJ4の中点とし

8

ですべりジョイントJ3の座標値が定まる。

【0017】次に上記した解析モデル化を実際の製品に適用した一例を図7以下に示す。図7は金融自動機の紙幣搬送部の外観図(a)及びCAD図による断面図(b)である。金融自動機では、紙幣はベルト(外観図では51、断面図では53に示す)により搬送される。またベルトが巻きついてるプーリーはフレームに固定された軸52に支えられる。断面図において点線で示したベルトが搬送ベルト51、実線で示したベルトは駆動用ベルト54を表している。紙幣搬送部では入出金モード別、紙幣の種類別、紙幣の表裏または良・不良の区別により処理が異なるため搬送路上には多くの分岐点55が存在する。各分岐点には、このための紙幣搬送ガイドの位置切り換え用駆動機構が設置されている。金融自動機では、この他にも、入出金用ふたの開閉機構など各種の機構部品が使われている。本システムでは、これらの機構部品のCAD図を作成しながら、その挙動解析を行い性能や信頼性の評価を行うことができる。その一例として、図8以下に銀行端末装置に用いられる紙幣ガイド切り換え機構のCAD図とそのモデル化手法について示す。図8においてカム軸2が回転することにより、カム23を介して従動軸22が回転軸24回りを揺動回転する。これにより、ガイド25も左右に回転して紙幣の搬送路を切り換える。従動軸22のフォロアローラ(以下、ローラと記す)20の取り付け位置と反対側の一端には、ばね26が取り付けられており、ローラ20をカム23面に押し付けている。したがって、この機構はカム・フォロアの組合せを構成するカム機構部とフォロアローラ20を取り付けている従動軸22と拘束ばね27から成るリンク機構部とから構成されていると考えることができる。そこで、このような考えに基づいて機構解析モデル化を行う。

【0018】ここで、カム機構のリンクモデル化の生成オペレーション及び解析モデルデータ自動生成方法について、図9～11を用いて説明する。カムはリンクを含んでいないので、機構部品種定義コマンド7を用いて、カム・ローラの組合せを定義する。ここで、機構部品種データベースでのリンク以外の部品種の等価リンクモデル形状の一例を図9に示す。リンク以外の部品としては、ばね、ソレノイド、ローラ/リンク及びローラ/カムなど各種考えられる。また、代表的な部品種のメニュー(例えば、端末上のコマンド名称群)だけを備え、必要なコマンドが生じた場合に設計者が自由に付加することもできる。また、各部品種に対して解析モデルはジョイントとリンクの接続状態のみをデータベースに置き、ジョイント座標値は図形が入力された時点で自動的に入力される。さらに、メニューとしては、図9に示すばね、ソレノイドなどの項目名称を表示するか、または、概略図形を表示する。

【0019】次に、図10にカム形状とローラの各種組

9

合せ(図面で(a)で示した図)及び等価なリンク機構モデル(図面で(b)で示した図)を示す。図に示すように、カム輪郭線の各々の形状に対応して、各々等価なリンクモデルが割り当てられ、本例ではAからIまで9種類を示した。A～Cはカムと従動節が回転する場合、D～Fはカムが回転し、従動節が直線運動する場合、及びG～Iはカムと従動節が直線運動する場合のリンクモデル化を示す。また、A、D、Gはカム輪郭線が円弧の場合、B、E、Hはカム輪郭線が直線の場合、及びC、F、Iはカム輪郭線が角部を有する形状の場合のリンクモデル化を示す。一般にカムの輪郭線は、円弧、直線、または角部などを含むことになる。したがって、カムとローラの組合せではカム一回転に対して、複数のモデルを切り換える必要が生じる。しかし、本実施例においてはすべての部品を統一したデータ構造を持った解析プログラムで解析できるで、種々の部品への拡張が容易になる。また、解析モデルの自動生成に対し汎用的な手法を用いることも可能となる。

【0020】つぎに、解析モデルの切り換え位置について図11を用いて説明する。ローラがカムの輪郭線上を移動する場合、ローラ中心、カム軸中心及び従動節回転軸中心の間の相対位置の変化をカム軸中心を固定して表したものが図11である。①～⑥はモデル番号、 θ_{a1} ～ θ_{a6} はモデル切り換え点での、カム軸中心に対する従動節回転軸中心が公転する角変位、 a_{a1} ～ a_{a6} はモデル切り換え点でのカムに対するローラの相対位置、 J_{4a1} ～ J_{4a6} はモデル切り換え点での、カム軸中心に対する従動節回転軸中心の相対位置を、各々表す。実際はカムが回転するため、各解析モデルでのローラ中心、及び等価モデル化により生成されたジョイントの位置は、従動節回転軸中心が図面で示された固定位置に一致するまで各モデル図形を回転移動して、各モデルでのジョイントの座標値を求める。

【0021】つぎに、実際にCAD図から機構モデルを生成し、解析を行う手順について説明する。図12は、図8のCAD図を用いて作成した機構解析モデルを示した図である。カム機構部を、リンクL1～L4で構成されるループ1でモデル化する。リンク機構部はリンクL5～L8で構成されたループ2でモデル化する。まず、図9～11に述べた方法を用いたカム機構部のモデル化について説明する。図9のCAD図面上に表示されているカム図形から、カム軸21中心を指示し、ブランクを入力する。これにより、カム図形が指示され、カム軸21中心に対応するジョイントJ1が固定点として定義される。次に、ローラが接しているカムの輪郭線とローラの図形を指示する。これにより、その姿勢でのリンクモデルのうちリンクL1とリンクL2及びジョイントJ2が定義できる。そして、リンク部品の接続条件入力コマンド5を用いてジョイントJ4を指示する。また、ブランクを入力し、従動節22を指示して、リンクモデ

10

ルのL3及びジョイントJ4(固定点)を定義する。次に、リンク機構部では、まず機構部品定義コマンド7を入力し、ばね識別データを入力する。さらに、部品連結定義コマンド5を入力し、ジョイントJ5を指示し、従動節22とばね27を指示することでリンクL5、L6、L7及びジョイントJ6が定義される。次いで、ジョイントJ7を指示し、ブランクを入力し、ばね27を指示することで固定点となるジョイントJ7が定義される。

【0022】以上のデータが端末から入力されると、システムは解析モデルを図3の生成手順に従って自動生成する。カムとばねとは、異種部品であるので図3の生成手順においてルートRT1の処理を行う。カムについては、部品種の識別データに基づいて、図9～11を用いて既に説明したように、カム輪郭線に対応したモデル数の解析モデルデータを自動生成する。また、ばねについては、すべりジョイントで結合された互いに一直線をなす二本のリンクL6、L7が自動生成される。さらに、ジョイントJ3及びJ4からなるリンクL3と、ジョイントJ3及びJ5からなるリンクL5とは、同一の従動節22をモデル化しているため、一体運動するフラグを代入する。

【0023】以上により、ループデータ生成処理が完了し、リンクL4とリンクL8のデータが生成され、ループ1及び2が生成される。図13に図12のモデルと互いに等価な解析モデルの形状を示す。すなわち、図12において、リンクL3、L5と、ジョイントJ3とJ5を両端に持つリンクL7とにより三角形が形成され、これらは一体で運動するため、リンクL5の代わりにリンクL7の運動を調べても機構解析上等価である。そこで、リンクL3、L7、ジョイントJ3、J5を含む解析モデルとなる。これら互いに等価なモデルを用いて動挙動解析を行った結果の比較を図14に示す。図13に示す解析モデルでは固定点のずれは生じないが、図12に示すモデルでは固定点のずれが時間とともに増加し計算誤差が生じていることが分かる。

【0024】図12及び図13において、紙幣ガイド切り換え機構の解析モデルは二つの4リンク機構からなっている。また、上述したようにリンクL3とL5、またはL3とL7は一体で動作するので、片方のリンク機構の姿勢が決まればもう一方のリンク機構の姿勢も決まる。このため、自由度1の機構となりいずれか一つのジョイントの角度あるいはすべり量が与えられれば姿勢を計算できる。このジョイント変数を独立変数と呼ぶことにする。図12と図13に示すモデルでは独立変数としてカム軸中心となるジョイントJ1を選んでいる。この理由は、カムは360°のすべての姿勢をとれるので、独立変数を用いて動解析した後で、ジョイントが動作範囲を満足しているかどうか調べることが不要となり、解析時間の短縮を図ることができるためである。こ

れは機構解析上の問題なので、システムで自動的に選択する必要がある。本実施例の場合には部品種データより、自動的にカム軸中心となるジョイントJ1を独立変数とする。ここで、独立変数を与えるジョイントの選定条件について、図15により説明する。E1の動作範囲の広い場合の例として、上記のカムが該当する。すなわち、カム軸の回転範囲が360°のためカム軸中心に対応するジョイントJ1が独立変数として選択される。E2の駆動点を選ぶ例として簡単な4節リンクの場合を示した。リンク機構の姿勢及びリンク機構を構成するジョイントの種類によっては概略図に示すように駆動不可のジョイントが生ずる。したがって、初めに変位を与える独立変数としては選択できないことになる。一般的には駆動可能なジョイントに荷重が加えられることになるため、システムにおいて、入力された荷重点に対するジョイントを自動的に独立変数として選ぶことが可能となる。E3のループの共有点を独立変数に選ぶ理由については、図16以下に述べる理由と同様、高精度解析モデルを得るためである。以上の法則から決められた独立変数は、図12ではループp1だけに含まれるのに対し、

図13のモデルではループp1及びループp2の両方に*

$$l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2 + l_3 \cos \theta_3 + l_4 \cos \theta_4 = 0 \quad \cdots (式1)$$

$$l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin \theta_2 + l_3 \sin \theta_3 + l_4 \sin \theta_4 = 0 \quad \cdots (式2)$$

$$\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 = 2\pi \quad \cdots (式3)$$

$$l_5 \cos \theta_5 + l_6 \cos \theta_6 + l_7 \cos \theta_7 + l_8 \cos(\theta_4 + \theta_{40}) = 0 \quad \cdots (式4)$$

$$l_5 \sin \theta_5 + l_6 \sin \theta_6 + l_7 \sin \theta_7 + l_8 \sin(\theta_4 + \theta_{40}) = 0 \quad \cdots (式5)$$

$$\theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_4 + \theta_{40} = 6\pi + \theta_{40} \quad \cdots (式6)$$

【0026】ここで、ジョイントJ1を独立変数とすると、 θ_1 が既知となり、変数 $\theta_2 \sim \theta_7$ を求めればよい。汎用的に解を得るために、(式1)、(式2)、(式4)及び(式5)をテラー展開してループごとに線形※

*含まれることになる。ここで、J.J.Wickerらにより行われている、最小2乗法を用いた姿勢計算法について、2次元のベクトルを用いて概説する。図16は、互いに連動する2個の4節リンク機構を示したものである。解析モデルAについてジョイント及びリンクの構成について説明する。ジョイントJ4で連結している2本のリンクL3及びL7は、互いに一体で回転するものとする。これにより、2個の4節リンク機構が連動する。また、この機構を構成するジョイントはすべて回転ジョイントとする。そして、L1からL4までのリンクによるループp1と、L5からL8までのリンクで閉じられたループp2で構成されている。各リンクの傾きを、各ジョイントにおける入力リンクに対する出力リンクの角度 θ_i で表す。ここで、ループの方向を考慮した場合、ジョイントに向かうリンクを入力リンク、ジョイントから出る場合を出力リンクと呼ぶことにする。これらの角度 θ_i については、図からも明らかのようにループが閉じているので、次の(式1)～(式6)が成立する。

【0025】

【数1】

※化すると、(式7)～(式10)を得る。

【0027】

【数2】

$$(l_2 \sin \theta_{s2}) d \theta_2 + (l_3 \sin \theta_{s3}) d \theta_3 + (l_4 \sin \theta_{s4}) d \theta_4 \\ = l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_{s2} + l_3 \cos \theta_{s3} + l_4 \cos \theta_{s4} \quad \cdots (式7)$$

$$(l_2 \cos \theta_{s2}) d \theta_2 + (l_3 \cos \theta_{s3}) d \theta_3 + (l_4 \cos \theta_{s4}) d \theta_4 \\ = -l_1 \sin \theta_1 - l_2 \sin \theta_{s2} - l_3 \sin \theta_{s3} - l_4 \sin \theta_{s4} \quad \cdots (式8)$$

$$(l_5 \sin \theta_{s5}) d \theta_5 + (l_6 \sin \theta_{s6}) d \theta_6 + (l_7 \sin \theta_{s7}) d \theta_7 + (l_8 \sin(\theta_{s4} + \theta_{40})) d \theta_4 \\ = l_5 \cos \theta_{s5} + l_6 \cos \theta_{s6} + l_7 \cos \theta_{s7} + l_8 \cos(\theta_{s4} + \theta_{40}) \quad \cdots (式9)$$

$$(l_5 \cos \theta_{s5}) d \theta_5 + (l_6 \cos \theta_{s6}) d \theta_6 + (l_7 \cos \theta_{s7}) d \theta_7 + (l_8 \cos(\theta_{s4} + \theta_{40})) d \theta_4 \\ = -l_5 \sin \theta_{s5} - l_6 \sin \theta_{s6} - l_7 \sin \theta_{s7} - l_8 \sin(\theta_{s4} + \theta_{40}) \quad \cdots (式10)$$

【0028】ここで、 θ_{si} は近似値、 $d \theta_i$ は補正値を50°示す。以上の連立方程式の解 $d \theta_i$ を近似値 θ_{si} に代入

13

し、これらの連立方程式の係数の精度を向上させる。この操作を繰返し、最終的に連立方程式の解 θ_i がほぼ0になった時の θ_{si} が求める値となる。

【0029】ここで、ループp1に対応する(式7)、(式8)と、ループp2に対応する(式9)、(式10)の精度について検討する。ループp1では、入力データとして正確な値である θ_i が与えられている。一方、ループp2では、入力データとしてはループp2で求められた近似解 θ_{si} が使われる。このため、ループp2の変数の精度はループp1の変数の精度より悪くなる。以上の理由により、独立変数がループp1にのみ含まれる図12の場合より、独立変数がループp1、及びp2の両方に含まれている図13の方が高精度となる。本システムでは、ループ形状を探索しながら、すべてのループに独立変数が含まれるかどうかを調べ、必要な場合は等価なリンクを生成する機能を備える。一方、すべてのループに独立変数が含まれるようなループ構成とすると、1ループが有するリンク数が多くなり、それに伴い計算時間も増す場合がある。また、静解析を行なう場合または多モデルの解析を行なわない場合は、計算誤差が小さいため、すべてのループに独立変数が含まれる必要はない。そこで、図17に示すようなルールを設けて場合分けをし、最適ループの探索を行う。C1~C5に示したような計算条件に対して、D1、D2などのループ条件が選択される。例えば、ループ数が少なくて(計算誤差が小さい)、計算時間が制限されている場合は、短時間で計算できるように、ループの有するリンク本数の少ない方が選択される。

【0030】図18に、本システムの一例として、機構解析モデル、属性、図面、部品種及びこれらデータ間の関連性を備えたデータ構造を示す。基本的な機構解析モデルは等価リンク機構であり、ループ、リンク、及びジョイントからなる。また、ジョイント以外にリンク部品上の任意の点の挙動を調べたい場合、その点の番号及びその座標値がリンクデータテーブルに補助点データとして備えられている。属性はリンク及びジョイントに与える。リンクには慣性モーメントなど、またジョイントにはジョイント種(回転、すべり等)、駆動数、ばね定数及び動作範囲などを与える。図面管理データ100は製作図面から抽出した部品図110等を管理し、その機構部品の図面番号あるいは図面名称を持つ。この図面と解析モデルは図面・解析モデル関連データテーブル130により対応づけられている。解析モデル管理データ120は、解析モデル名称、解析モデル番号を持ち、その下に解析モデルデータ121、図面関連データ122、及び解析関連データ123などが、それぞれデータテーブルとして格納されている。解析モデル形状データ121は形状データと属性データからなる。形状データは階層構造をしたサブモデル211、ループ212、リンク213およびジョイント214を有している。そして、サ

14

ブモデル211によりカムのような複数のモデルを必要とする部品にも適用できる構造となる。また、カムの場合、ローラがカム輪郭線の直線部を移動するとき、その方向の一点をこの直線部に対応するリンク上の定点として与えることになる。そこで、リンク213の下にはジョイント214の他に補助点215を必要とする。

【0031】また、図面関連データ122は図面上の個々の部品と解析モデルとを互いに関連づける。たとえば、図19に示すように各部品種を示す、カム/ローラ221、ばね222、及びリンク223などのデータの中に、部品番号とリンク番号の対応表を持つ。また、カム/ローラでは複数のモデルを必要とするため、サブモデル形状と部品番号との関連表を持っている。さらに、ばねの場合は図7に示したリンク以外の部品種等の等価リンクモデル形状により、図面の部品番号に対し2個のリンク番号が対応するデータを持つことになる。

【0032】また、属性管理216及び属性データ217は各リンクに与える慣性モーメントやジョイントに与える駆動トルクやばね定数などの属性データを格納する。

【0033】また、解析関連データ123は各種解析結果と解析モデルとの関連を示すものである。このデータにより解析モデル形状から求められた軌跡解析結果を、そのまま、図面の部品の動作軌跡として表示する場合231とグラフ表示する場合232とがある。軌跡表示を行う場合、解析モデルと解析結果の対応表231と図面関連データ122とにより、解析モデルに対応した部品図形を、解析結果データテーブル300から検索した、各ステップごとのジョイントの位置のデータにより座標変換し、その部品図形の軌跡として表示する。軌跡表示での各部品と解析モデルのリンクとの対応づけは部品種により異なる、例えば、カムの場合、複数の解析モデルと1個のカム図形とが対応する。また、複数の部品が一体で動く場合であれば、解析モデルの1個のリンクに複数の部品図形が対応することになる。以上のデータテーブルを備えることにより、リンク及びそれ以外の機構部品からなる機構系について、CAD図を用いた解析結果の表示が可能となる。また、種々の形状の機構部品に對し、すべてリンク機構解析モデル(ループ、リンク及びジョイント)を基本にしているため、解析モデルの自動生成が汎用的に行える。以上により作成した解析モデルは解析専用入力データへ変換し、機構解析を実行する。さらに、解析結果は解析入出力部でCAD図データに変換し、CAD図入出力部で表示データに変換する。このデータは表示部に送られ図20に代表的に示したグラフ(各ジョイントの位置、速度、加速度及び反力の時刻歴応答図21)あるいは図21のリンク機構部品による軌跡(図21(a)に機構部品図、(b)に機構部品の挙動軌跡図を示す。)として表示される。設計者は得られた結果をもとに、CAD図上で機構部品形状などを修正

15

して、また、解析を実行できる。これにより、設計図面を作成しながら簡単に解析評価ができ、十分に性能や強度を検討することができるので図面が出来上がった後での変更が少なくなり、設計効率が上がる。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、リンク及び他の機構部品からなる機構系の設計に対し、CAD図入出力システムと直結して解析入出力データが自動生成されるので、解析モデル作成に精通していない設計者でも機構解析などのシミュレーションを容易に行なうことが可能となる。また、解析シミュレーションを行うと同時に製作図面を作成することができるので、解析検討した結果をすぐに図面の修正に使うことができ、設計効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の基本構成を示す図である。

【図2】本発明の一実施例のコマンド体系を示す図である。

【図3】本発明の一実施例の解析システムのオペレーションの手順を示す図である。

【図4】本発明の一実施例の解析モデルデータの自動生成過程を示す図である。

【図5】本発明の一実施例の解析システムのオペレーションの手順を示す図である。

【図6】リンク機構解析における、すべりジョイントのモデル化方法の一例を説明する図である。

【図7】銀行端末装置の紙幣搬送部の外観図及び断面図(CAD図)である。

【図8】銀行端末装置の紙幣ガイド切り換え機構の平面図である。

【図9】異種機構部品種のモデル化方法を説明する図である。

【図10】カム・ローラ機構の各種組合せとこれに対す

16

る等価リンク機構モデルの一例を示す図である。

【図11】カム機構の各等価リンクモデルにおけるローラの移動範囲を説明する図である。

【図12】図6の銀行端末装置の紙幣ガイド切り換え機構について、点線で示したCAD図から実線で示した機構解析モデルを作成するのを説明する図である。

【図13】図7の解析モデルとリンク形状が異なる解析モデルを説明する図である。

【図14】動解析における時間の経過にともなう面定点のずれ量の変化について、図12及び図13の解析モデルによる計算誤差を比較したグラフである。

【図15】本発明の一実施例における、独立変数を与えるジョイントの選定条件を説明する図である。

【図16】互いに連動する2個の4節リンク機構を説明する図である。

【図17】本発明の一実施例における、最速ループ形状の選定条件を説明する図である。

【図18】本発明の一実施例のデータ構造を示す図である。

【図19】本発明の一実施例のデータ構造の中の図面関連データの詳細なデータ構造の例を示す図である。

【図20】本発明の一実施例の解析結果の中のグラフ表示例について示した図である。

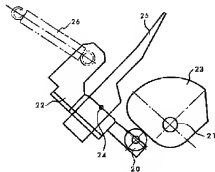
【図21】本発明の一実施例の解析結果の中の機構部品の動作軌跡表示例について示した図である。

【符号の説明】

1・・・図面登録、2・・・図面検索、3・・・屑間移動、4・・・部品図合成、5・・・部品連結定義、6・・・動作範囲定義、7・・・異種部品入力、8・・・外力入力、9・・・慣性モーメント入力、10・・・部品動作軌跡、11・・・時刻歴応答などの入力コマンド。

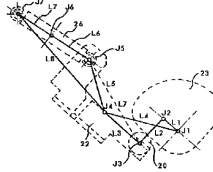
【図8】

図 8



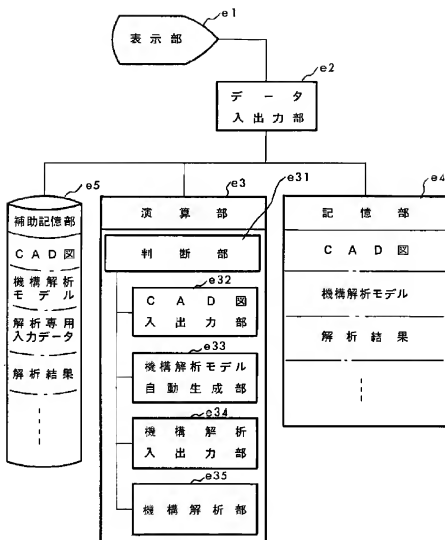
【図12】

図 12



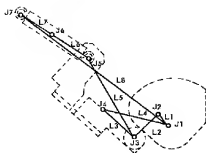
【図1】

図 1



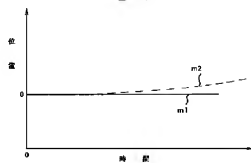
【図13】

図 13



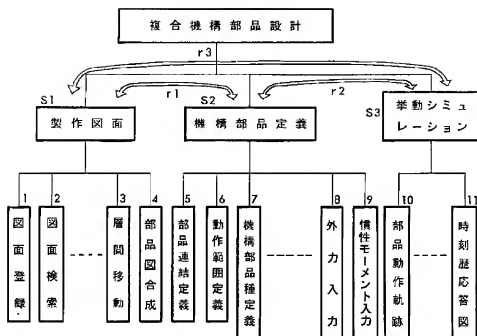
【図14】

図 14



【図2】

図 2



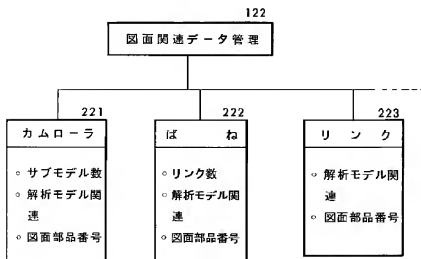
S1～S3…サブシステム

r1～r3…オペレーション手順

1～11…処理コマンド

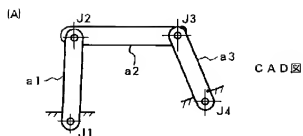
【図19】

図 19



【図3】

図 3

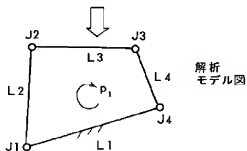


(B)

J 1 定義	J 2 定義
<p>(J1, b, a1)</p>	<p>(J2, a1, a2)</p>
J 3 定義	J 4 定義
<p>(J3, a2, a3)</p>	<p>(J4, b, a3)</p>

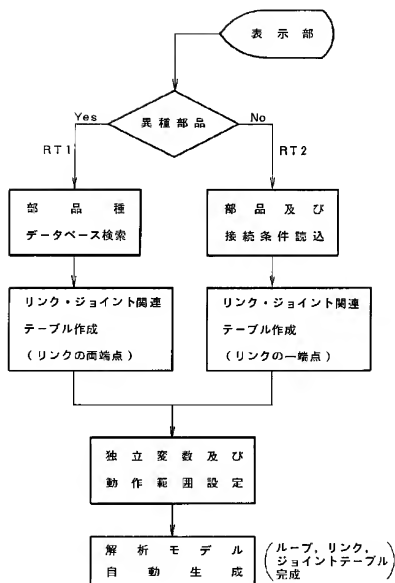
入力コマンド

(C)



【図4】

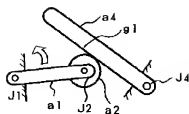
図 4







【図5】

図 5

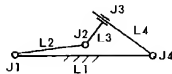
(A)



(B)

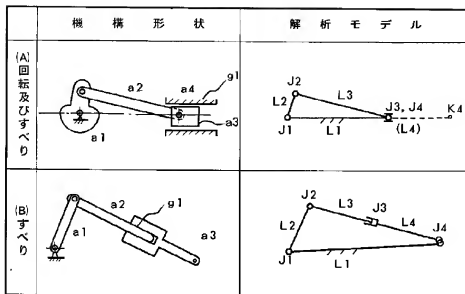
J 1 定義	J 2 定義
 (J1, b, a1)	 (J2, a1, a2)
g 1 定義	J 4 定義
 (a1, a2, a4)	 (J3, b, a4)

(C)



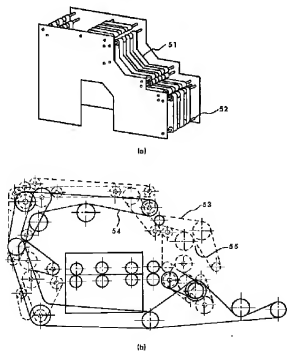
【図6】

図 6



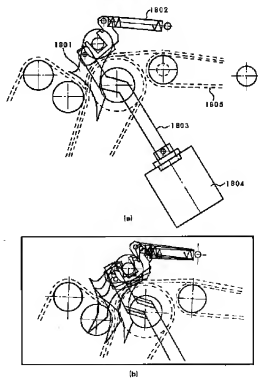
【図7】

図 7



【図21】

図 21



【図9】

図 9

項 目	入 力 データ	基 本 モデル 形 状
ば ね	両 端 点 	<ul style="list-style-type: none"> ①Li : リンク No. ②Ji : ジョイント No. ③J1,3 : 回転ジョイント ④J2 : すべりジョイント ⑤ : ジョイント位置
ソレノイド	プランジャ, すべり方向 プランジャ部品	<ul style="list-style-type: none"> ①Li : リンク No. ②Ji : ジョイント No. ③J1 : すべりジョイント ④ : ジョイント位置 ⑤J1 : 固定点
ロ ー ラ ・ リ ン ク 組 合 せ	リンク部品 ローラ中心 リンク部品 リンク回転中心	<ul style="list-style-type: none"> ①Li : リンク No. ②Ji : ジョイント No. ③Ki : 方向指示点 ④ : ジョイント位置
ロ ー ラ ・ カ ム 組 合 せ	リンク部品 ローラ中心 回転中心 カム輪郭線	<ul style="list-style-type: none"> ①Li : リンク No. ②Ji : ジョイント No. ③Ki : 方向指示点 ④ : ジョイント位置 ⑤Ji : 固定点
		<ul style="list-style-type: none"> ①Li : リンク No. ②Ji : ジョイント No. ③ : ジョイント位置 ④J1 : 固定点
		モ デ ル 数 分

【図10】

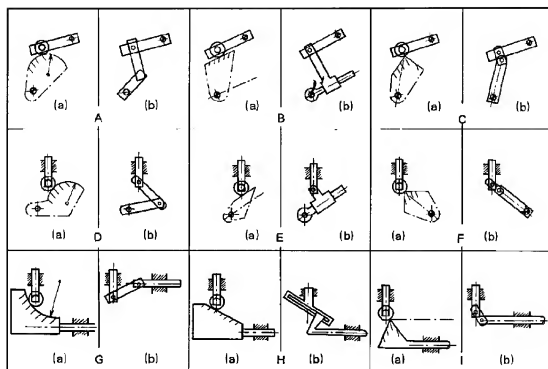
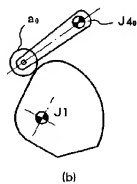
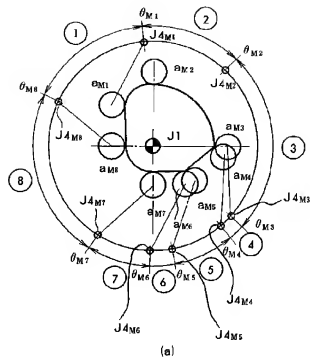


図 10

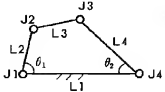
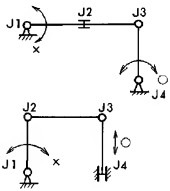
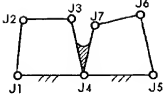
【図11】



図 11



【図15】

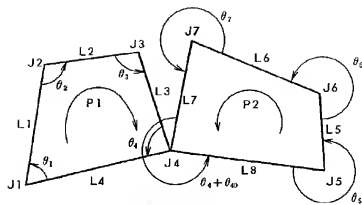
図 15

条 件	図 形 の 例
E1：動作範囲の 広いジョイ ント	 <p> $L2 < L4$ 動作範囲：$\theta_1 > \theta_2$ \downarrow J1：独立変数 </p>
E2：駆動点とな り得る	 <p> J1：駆動不可 J4：駆動可 \downarrow J4：独立変数 J1：駆動不可 J4：駆動可 \downarrow J4：独立変数 </p>
E3：ループの共 有 点	 <p>J4：独立変数</p>

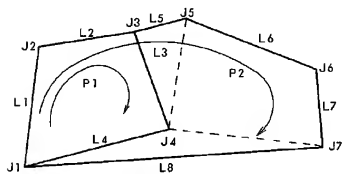
：回転ジョイント
：すべりジョイント

【図16】

図 16



解析モデル A



解析モデル B

【図17】

図 17

	計 算 条 件
C1	ループ数が少ない
C2	多モデル解析を行う
C3	静解析のみ
C4	計算時間に制限
C5	高精度解析
⋮	⋮



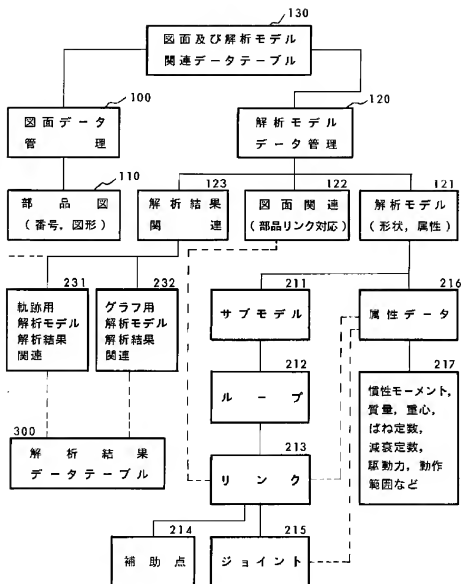
	ループの条件
D1	独立変数
D2	リンク本数(ループ内)が少
⋮	⋮

ルールの例

(C1)かつ(C4)ならば	(D2)
(C5)ならば	(D1)
(C2)かつ(C3)ならば	(D1)

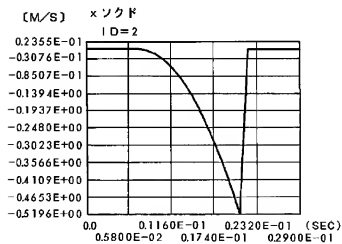
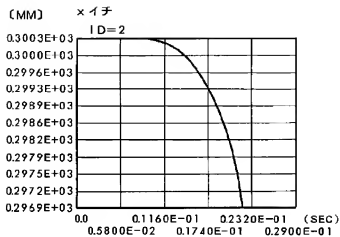
【図18】

図 18



【図20】

図 20



フロントページの続き

(72)発明者 北野 徳波
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内